三维弧形悬挑结构清水混凝土施工技术的研究与应用

尚荣朝

（中铁二十一局第四工程有限公司，西宁 810006）

【摘 要】为解决传统胶合板无法塑造空间异型混凝土结构的问题，本文提出了“三维弧形悬挑结构清水混凝土施工技术”。在该施工技术中，模板采用“钢面板”+“钢龙骨”支撑系统抵抗施工过程中的变形，针对曲面法线方向上的不规则变化采用钢面板切割拼装工艺，采用电脑三维模型进行构架钢龙骨进行深化设计、放样加工制作，使T型钢龙骨构架精确模拟沿长度方向的无规则变化。充分利用构架自身的泄水孔对整个模板支撑系统进行加固，保证了结构轮廓曲线顺滑，满足清水混凝土观感的高标准要求。

【关键词】异形结构；模板系统；清水混凝土；施工技术

【中图分类号】 【文献标识码】A 【文章编号】1674－7461(2016)01－0105－03

【DOI】10.16670/j.cnki.cn11－5823/tu.2016.01.19

近几年，建筑物造型越来越复杂，建筑形式高度自由化，这给施工带来了巨大的挑战。2014青岛世园会主题广场(图1)花瓣艺术构架工程位于青岛市世园会展区的西北部，占地面积4万m^2，整个主题广场由20个花瓣造型组成，其中9个为钢筋混凝土结构花瓣艺术构架均为空间异形悬挑多曲结构，造型复杂，且要求花瓣艺术构架内侧为清水混凝土。

因此，采用传统的胶合板不能完成异型构架的平滑过渡，必须合理进行模板体系的选择与设计，严格控制模板加工、安装等环节，以实现对清水混凝土弧形曲率精度及模板拼缝错台的有效控制，保证混凝土的浇注质量[2]。

针对该项目的特点和难点，采用钢面板进行切割拼装，可有效解决传统胶合板无法塑造空间异型混凝土结构的问题，对清水混凝土的成型起到至关重要的作用；并针对构架沿长度方向无规则变化，对构架龙骨进行了深化设计，加工制作了T型钢龙骨来模拟构架的变化。

1 模板体系的选择与设计

1.1 工艺流程

图纸二次深化——定位放线——主钢龙骨安装——次龙骨安装——面板安装——钢管支撑。



图1 青岛世园会主题广场

1.2 钢龙骨电脑深化设计

(1)钢龙骨正式安装前首先研究构架图纸，在CAD图中将构架进行分解成每50cm的一段，钢模板安装前首先研究伸缩缝剪力墙施工图纸，并考虑模板安装和混凝土施工工艺，确定好模板的几何尺寸和对拉螺栓的长度[3]；

(2)确定好钢模板的尺寸后，对伸缩剪力墙模板的强度和挠度进行计算，确定钢模板面板的厚度，背楞的选择，间距，以及对拉螺栓的位置和直径；

(3)利用AUTOCAD软件模拟定位安装，确定放样图，如图2所示；

【作者简介】 尚荣朝(1978－)男，工程师。主要研究方向：土木工程。

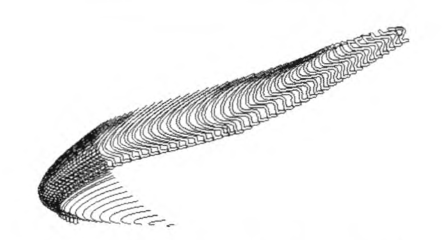


图 2 主钢龙骨定位安装放样三维模型



图 3 主钢龙骨机械切割

(4)龙骨深化设计完后,通过电脑对其进行机械切割,已确定各分部几何尺寸无误,如图 3 所示。

1.3 定位放线

由于本工程艺术构架造型独特,呈弧形,且艺术构架坐落在坡地上,断面标高不相同,为了提高放线的精确性,决定采用 GPS 对艺术构架进行定位放线。通过图纸对构件两端点及圆弧段顶点进行定点,确定主龙骨位置,已确保构件成型后与图纸一致。

2 模板体系安装

2.1 主钢龙骨的安装

(1)本工程主钢龙骨在工厂内加工制作完毕后运送到施工现场。主钢龙骨安装前,首先对主钢龙骨进行临时支撑,钢龙骨底部与基础预埋化学螺栓焊接,如图 4 所示;

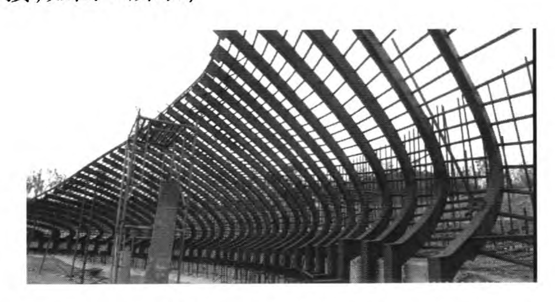


图 4 主钢龙骨的安装图

(2)因每根钢龙骨尺寸不一,钢龙骨按原放样图加工完毕后应按顺序标号,避免运至现场后安装顺序错乱,导致造型与原设计偏差;

(3)校核主钢龙骨位置,位置调整好后,将主钢龙骨底座与预先植入的化学锚栓进行连接,确保主钢龙骨在施工过程中不发生移位;

(4)待主钢龙骨安装就位后,相邻主钢龙骨之间采用钢筋或矩形管进行拉结,保证其整体稳定性。

2.2 次龙骨的安装

(1)次龙骨采用 20 × 20mm × 2mm 的薄壁方钢,为了保证在混凝土浇筑过程中钢模板发生变形间距设定为 100mm,两端与主钢龙骨焊接;

(2)薄壁方钢顶部与主钢龙骨顶一平,使其与钢板面贴合紧密,保证整体受力,如图 5 所示。

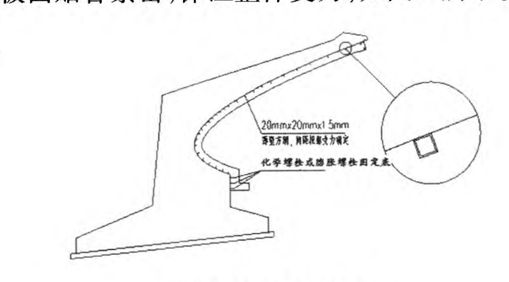


图 5 次龙骨布置图

2.3 钢面板安装

(1)构架的模板面板采用 1.5mm 厚的钢板,模板尺寸为 1.00m × 2.00m,铺设方向顺龙骨方向,通过在其内侧与次龙骨点焊连接在一起;钢面板下料按照每 50cm 为一个断面,计算钢模板展开面积;

(2)钢板点焊对接过程中,保证点焊间距,避免焊接量过大造成钢板受热形变,使混凝土浇注完成后成型缺陷;间距过大浇注过程易造成漏浆;

(3)钢板与钢板之间对接,钢板连接缝不大于 1mm,否则粘贴胶带封口,避免混凝土浇注过程中漏浆。

2.4 构架背面模板的安装

(1)背面模板制作完成后,应随即对模板进行编号,做到管理有序、对号入座;

(2)构架背面高低起伏,因此背面模板配置应与标高的变化相一致。

2.5 构架内部钢管支撑

(1)在进行支撑系统搭设前首先对脚手架基础进行整平,支架下的回填土密实度不小于规范要求;支架地坪要有良好的排水措施,不得出现雨水浸泡现象,防止地坪土含水率过大的变化;

(2)支撑系统利用构架基础底部预留的泄水

孔,钢管与泄水孔的角度一致放置,在构架内侧和外侧用钢管和直角扣件(个数根据计算确定)将钢管锁住,锁住钢管后用木方将钢管和泄水孔之间的空隙塞住,防止其上下移动;主钢龙骨支座必须顶紧支撑,斜向支撑必须保证受力、传力准确具体布置见图6。

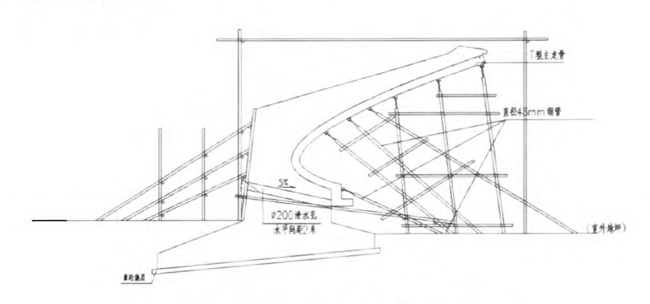


图6 构架内部钢管支撑布置图

3 经济效益分析

针对异型结构采用钢模板施工方法,与新型玻璃钢等材质定型化模板相比,材质造价较低;与传统土方成型模板,及木模板相比,节省了大量人力;浇注完成后,混凝土成型较好,避免了后期修补所带来的费用。同时缩短了施工工期,从而节省了人工费、设备机具租赁等费用。与原计划相比提前40天,组装用工可减少400多个工日。因此,节约费用:人工费:400×260=104 000元;设备机具租赁费用:5 400元/天×40天=210 000元。节约总费用=104 000+210 000=314 000元。



图7 三维弧形悬挑结构清水混凝土完成效果

4 结语

采用三维弧形悬挑结构清水混凝土施工技术解决了因结构造型复杂造成的混凝土接缝明显,错台等问题,观感美观,质量效果较为明显。主钢龙骨根据设计图纸深化后,电脑三维定位加工,保证了混凝土成型后与设计意图一致。在异型多曲混凝土构件施工工法中开辟的新的理念,为以后此种施工工艺的推广提供了参考。

参考文献

[1] JGJ169-2009. 清水混凝土应用技术规程[S].

[2] 邓伟勇. 弧形拱体结构清水混凝土模板制作与安装施工技术的研究与应用[J]. 城市建设理论研究, 2015, (21): 10-15.

[3] 韩锋. 悬挑大跨度弧形"水滴"状钢结构施工技术[J]. 钢结构, 2015,(8): 85-89.

Research and Application of Concrete Construction Technology for 3D Curved Cantilever Structure

Shang Rongchao

(*China Railway* 21st *Bureau Group* 4th *Engineering Co., Ltd., Xining* 810006, *China*)

Abstract: The traditional plywood can't shape space concrete structure, and therefore, this article puts forward the concrete construction technology for 3D curved cantilever structure. This construction technology uses the supporting system of "steel plate" plus "steel keel" to prevent deformation during construction, uses steel plate cutting and assembly techniques to solve the problems of irregular changes in the surface normal direction, and uses computer 3D modeling to carry out detailed design and sample processing for the structural steel keel, which makes T-shaped steel keel structure accurately simulate the irregular changes in the longitudinal direction. Making full use of the drainage hole of the structure itself to enhance the whole modeling supporting system, this technology guarantees that the structural curve keeps smooth to meet the high standards of concrete appearances.

Key Words: Special-shaped Structure; The Template System; Concrete; The Construction Technology